

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-008099

(43)Date of publication of application : 10.01.2003

(51)Int.Cl.

H01L 43/00

G01R 33/02

H01F 41/14

(21)Application number : 2001-188695

(71)Applicant :

MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 21.06.2001

(72)Inventor :

MURATA AKIO

MURAMATSU SAYURI

KUROE AKIO

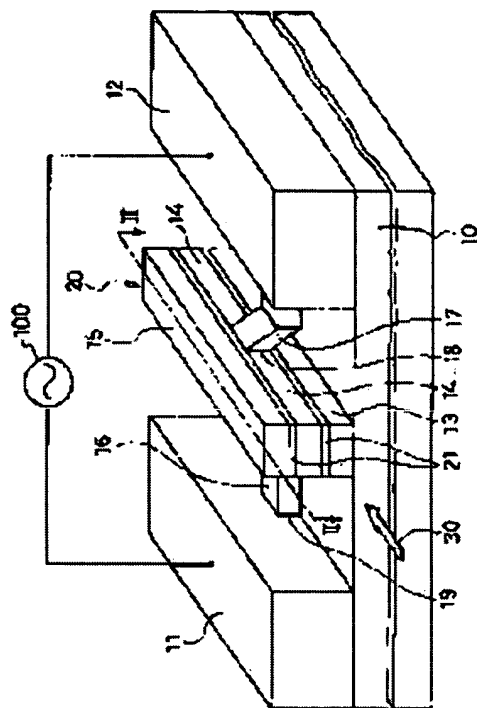
TAKAHASHI TAKESHI

### (54) MAGNETIC DETECTING ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a magnetic detecting element having a high detecting sensitivity in a simple constitution.

SOLUTION: The magnetic detecting element comprises a first soft magnetic film formed on an insulating board, and a second soft magnetic film formed on the first soft magnetic film via an insulating film. The detecting element further comprises a current path in which a high-frequency current flows to a part of the second soft magnetic film. The detecting element also comprises a third magnetic film on the second magnetic film further via an insulating film. In this element, when a pole made of first and second magnetic films is placed in an external magnetic field and the high-frequency current flows to the current path, an impedance of the path is changed due to the external magnetic field. An intensity and a direction of the magnetic field are detected from this impedance change.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is formed through the film of the 1st electric insulation on the 1st soft-magnetism film formed upwards and the soft-magnetism film of the above 1st, the member which has electric insulation -- The magnetic sensing element which has one pair of electrodes for connecting to an external RF generator the 2nd soft-magnetism film which has one pair of electric lines or cables, the 3rd soft-magnetism film formed through the film of the 2nd electric insulation on the soft-magnetism film of the above 2nd, and the one aforementioned pair of electric lines or cables.

[Claim 2] The conductor formed in the part on the 1st soft-magnetism film formed on the member which has electric insulation, and the soft-magnetism film of the above 1st through the film of the 1st electric insulation, the above on the soft-magnetism film of the above 1st -- the 2nd soft-magnetism film formed in other portions except the portion in which the conductor was formed through the film of electric insulation -- the above -- the 3rd soft-magnetism film formed through the film of the 2nd electric insulation on a conductor and the 2nd soft-magnetism film, and the above -- pass a connection to the ends of a conductor -- it connects -- having -- the above -- the magnetic sensing element which has one pair of electrodes for connecting a conductor to an external RF generator

[Claim 3] The magnetic sensing element according to claim 1 characterized by having connected mutually two or more things of a magnetic pole which have the soft-magnetism film of the above 1st, the 2nd soft-magnetism film, and the 3rd soft-magnetism film by the aforementioned electric lines or cable, respectively, and connecting in series.

[Claim 4] two or more things of a magnetic pole which have the soft-magnetism film of the above 1st, the 2nd soft-magnetism film, a conductor 36, and the 3rd soft-magnetism film -- each above -- the magnetic sensing element according to claim 2 characterized by having connected the conductor of each other and connecting in series

[Claim 5] Two or more 1st soft-magnetism films formed in parallel to the member top which has electric insulation, At least two conductors which maintained predetermined clearance and were formed through the film of electric insulation on each of the soft-magnetism film of the above 1st, the above on each of the soft-magnetism film of the above 1st -- the 2nd soft-magnetism film formed in other portions except the portion in which the conductor was formed through the film of electric insulation -- the above -- the above formed on each of the 3rd soft-magnetism film formed through the film of electric insulation on a conductor and the 2nd soft-magnetism film, and the soft-magnetism film of the above 1st -- the magnetic sensing element which has the electrode connected in the end of the ends of the connection which connects two conductors in series even if few, and the aforementioned connection

[Claim 6] The magnetic sensing element according to claim 1 characterized by forming the soft-magnetism film of the above 3rd only near the aforementioned electric lines or cable.

[Claim 7] The magnetic sensing element according to claim 1 to which the soft-magnetism film of the above 1st is characterized by being formed only near the aforementioned electric lines or cable.

[Claim 8] the soft-magnetism film of the above 3rd -- the above -- the magnetic sensing element according to claim 2 or 5 characterized by being formed only near the conductor

[Claim 9] the soft-magnetism film of the above 1st -- the above -- the magnetic sensing element according to claim 2 or 5 characterized by being formed only near the conductor

[Claim 10] The magnetic sensing element according to claim 1, 2, or 5 characterized by the thickness of the above 1st and the 3rd soft-magnetism film being about 1/2 of the thickness of the soft-magnetism film of the above 2nd.

[Claim 11] The magnetic sensing element according to claim 1, 2, or 5 characterized by being the film with which the above 1st, the 2nd, and 3rd soft-magnetism films carried out the laminating of two or more soft-magnetism films and the film of electric insulation by turns, respectively.

[Claim 12] The step which forms the 1st rectangular soft-magnetism film on an insulating substrate, the step which forms an electric insulation film on the soft-magnetism film of the above 1st, Etching processing is performed to the step and the aforementioned soft-magnetism film which form a soft-magnetism film all over an insulating substrate including the upper surface of the aforementioned electric insulation film. The step which leaves the connection of the couple for connecting between the 2nd rectangular soft-magnetism film and the soft-magnetism film of the above 2nd, and the electrodes formed at a next step, and removes other portions, The step which forms an electric insulation film on the soft-magnetism film of the above 2nd, the step which forms the 3rd soft-magnetism film on the aforementioned electric insulation film, And the manufacture method of the magnetic sensing element which has the step which forms the electrode of a couple so that a predetermined distance may be separated on the aforementioned insulating substrate and it may connect with the connection of the soft-magnetism film of the above 2nd, respectively.

[Claim 13] The step which forms the 1st rectangular soft-magnetism film on an insulating substrate, the step which forms an electric insulation film on the soft-magnetism film of the above 1st, It leaves the film of the aforementioned conductor only to the center section on the step which

forms the film of a conductor on the aforementioned electric insulation film, and the aforementioned electric insulation film. And from the conductor of the center section which it left the account of before, it is prolonged on the 1st soft-magnetism film of the aforementioned rectangle at an abbreviation perpendicular. The step which leaves the connection of the couple for connecting with the electrode formed at a next step, removes others by etching processing, and forms the connection of a conductor and a couple, the above -- the step which forms an electric insulation film on a conductor, and the step which forms a soft-magnetism film on the aforementioned electric insulation film -- the above -- the step and the above from which the soft-magnetism film near the conductor is removed by etching -- the step which forms an electric insulation film on a conductor and a soft-magnetism film -- The manufacture method of the magnetic sensing element which has the step which forms the 3rd soft-magnetism film on the aforementioned insulator layer, and the step which forms the electrode of a couple so that predetermined distance may be separated on the aforementioned insulating substrate and it may connect with the connection of the aforementioned couple electrically, respectively.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to the magnetic sensing element which detects the feeble MAG and a feeble magnetic field.

[0002]

[Description of the Prior Art] As a magnetic sensing element (magnetometric sensor) which detects the feeble MAG or a feeble magnetic field, the magnetoresistance-effect type magnetometric sensor (henceforth, MR sensor) is known from the former. By MR sensor, a magnetic field is detected using the magnetoresistance effect from which the resistance of MR sensor changes according to magnetic field strength. Change of resistance by the magnetoresistance effect is symmetrical to a reversal magnetic field. Therefore, in order for MR sensor to detect the polarity (N or S) of a magnetic field, a bias magnetic field is given to MR sensor and it is made for change of resistance by the magnetic field to become unsymmetrical to the polarity of a magnetic field. In order to give a bias magnetic field, a conductor is prepared in the bottom of the magnetic pole of MR sensor, or a top, and there are a method which passes a bias current to the conductor, a method which arranges a permanent magnet film to magnetic pole ends. Although MR sensor detects a magnetic field by change of the direct current resistance of the conductor by the external magnetic field, change of direct current resistance is greatly influenced by the magnetic adjuster. The detection sensitivity of a magnetic field is 0.1% - 3% / Oe grade, and cannot say that it is not much high. There is a thing using the magnetic impedance effect as a magnetic sensing element which has detection sensitivity higher than MR sensor. In this kind of magnetometric sensor, a magnetic field is detected based on change of the impedance of the conductor in the magnetic circuit by change of the permeability of a soft magnetic material. The sensitivity of the typical thing of this kind of magnetometric sensor is more than 6% / Oe.

[0003] The example of such a magnetic impedance effect use type magnetometric sensor is shown in JP,7-63832,A (henceforth the conventional example). Drawing 16 is the fragmentary sectional view of the magnetometric sensor of the aforementioned conventional example. With the composition of (a) of drawing 16, the two magnetic substance 3A and 3B was made to rival, the magnetic pole 3 was formed, and the conductor 2 is pinched between magnetic-substance 3A and 3B. Stair-like section 3D exists in magnetic-substance 3B. With the composition of (b) of drawing 16, the insulating material 5 was formed on plate-like magnetic-substance 4A, and the conductor 2 is arranged so that the center section of the insulating material 5 may be penetrated. Forming magnetic-substance 4B so that an insulating material 5 may be surrounded, the edge of the upper and lower sides of magnetic-substance 4B makes magnetic-substance 4A rival, and forms the magnetic pole 4. the above -- the high frequency current is passed to a conductor 2, and a magnetic field is detected based on change by the external magnetic field of the impedance of a conductor 2 The bias magnetic field supposes that it will give by passing a direct-current bias current to a conductor 2.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the composition of (a) of drawing 16, if a direct current is passed to a conductor 2, the direct-current bias magnetic field of an opposite direction will occur in each who shows the magnetic substance 3A and 3B by arrows 6 and 7. When there is an external magnetic field shown by the arrow 1, the direct-current bias magnetic field 6 of magnetic-substance 3A will be able to be weakened because of an external magnetic field 1 and an opposite direction. Therefore, a direct-current bias magnetic field cannot be given effective in a magnetic pole 3. Moreover, with the composition shown in (b) of drawing 16, in order that right-hand side magnetic-substance 4B may overcome an insulating material 5, it is made by the shape of a mountain. Therefore, stair-like section 4D is formed in the both sides of a mountain-like crowning. For the magnetic pole 3 which has stair-like section 3D, and the magnetic pole 4 which has stair-like section 4D, the impedance of a conductor when permeability is low and external magnetization is impressed is also a low as a result of various experiments of an artificer. Therefore, it became clear that the sensitivity as a magnetometric sensor is also low. this invention aims at obtaining the sensor of the magnetic impedance effect use with high sensitivity compared with the above-mentioned example of precedence.

[0005]

[Means for Solving the Problem] the member in which the magnetic sensing element of this invention has electric insulation -- the 1st soft-magnetism film formed upwards -- It is formed through the film of electric insulation on the soft-magnetism film of the above 1st, and has an electrode for connecting to an external RF generator the 2nd soft-magnetism film which has one

pair of electric lines or cables, the 3rd soft-magnetism film formed through the film of electric insulation on the soft-magnetism film of the above 2nd, and the aforementioned 1st pair electrical connection line. According to this invention, the element has the following operations and an effect. Three soft-magnetism films are accumulated through an electric insulator layer, a magnetic pole is formed, and the high frequency current is passed to some current pathes of the soft-magnetism film of the center of a magnetic pole. By this high frequency current, the magnetic field which surrounds a current path in the soft-magnetism film around the aforementioned current path arises. The magnetic flux according a magnetic pole to an external magnetic field changes the magnetic field around the aforementioned current path also into an external magnetic field in this state, and the impedance of a current path is changed. Since an impedance is inversely proportional to magnetic field strength, the size of an external magnetic field is detectable by detecting this impedance change.

[0006] When the direction of an external magnetic field is perpendicular to the direction of the current which flows a current path, impedance change serves as the maximum. Therefore, by calculating the minimal value of an impedance, the direction of an external magnetic field is detectable. Since there is no big irregularity in the magnetic film of a magnetic pole, permeability is maintained at the highest state and the largest state has change of an impedance. Therefore, the magnetic high sensing element of detection sensitivity is realizable.

[0007] The 1st soft-magnetism film formed on the member in which the magnetic sensing element of other viewpoints of this invention has electric insulation, The conductor formed in the part on the soft-magnetism film of the above 1st through the film of electric insulation, the above on the soft-magnetism film of the above 1st -- the 2nd soft-magnetism film formed in other portions except the portion in which the conductor was formed through the film of electric insulation -- the above -- the 3rd soft-magnetism film formed through the film of electric insulation on a conductor and the 2nd soft-magnetism film, and the above -- pass a connection to the ends of a conductor -- it connects -- having -- the above -- it has an electrode for connecting a conductor to an external RF generator Since a current path is a conductor, direct current resistance can make the RF current which flows a current path low increase [ according to this element ] in addition to the aforementioned operation effect. Thereby, the sensitivity of magnetic detection improves further. the flux density in the magnetic pole furthermore produced by the external magnetic field -- a conductor -- since it becomes high on the outskirts, substantially, rather than an actual magnetic field, a strong magnetic field can be given and detection sensitivity improves further

[0008] Two or more 1st soft-magnetism films formed in parallel to the member top in which the magnetic sensing element of other viewpoints of this invention has electric insulation, At least two conductors which maintained predetermined clearance and were formed through the film of electric insulation on each of the soft-magnetism film of the above 1st, the above on each of the soft-magnetism film of the above 1st -- the 2nd soft-magnetism film formed in other portions except the portion in which the conductor was formed through the film of electric insulation -- the above -- the 3rd soft-magnetism film formed through the film of electric insulation on a conductor and the 2nd soft-magnetism film -- the above formed on each of the soft-magnetism film of the above 1st -- it has an electrode for connecting in the end of the ends of the connection which connects two conductors in series even if few, and the aforementioned connection, and connecting with a RF generator According to this element, since two or more conductors are connected in series, change of the impedance of a conductor increases in proportion to the number of the conductors connected in series. Consequently, detection sensitivity of an external magnetic field can be sharply made high.

[0009] The step at which the manufacture method of the magnetic sensing element of this invention forms the 1st rectangular soft-magnetism film on an insulating substrate, Etching processing is performed to the step which forms an electric insulation film on the soft-magnetism film of the above 1st, the step which forms a soft-magnetism film all over an insulating substrate including the upper surface of the aforementioned electric insulation film, and the aforementioned soft-magnetism film. The step which leaves the connection of the couple for connecting between the 2nd rectangular soft-magnetism film and the soft-magnetism film of the above 2nd, and the electrodes formed at a next step, and removes other portions, It has the step which forms an electric insulation film on the soft-magnetism film of the above 2nd, the step which forms the 3rd soft-magnetism film on the aforementioned electric insulation film, and the step which forms the electrode of a couple so that a predetermined distance may be separated on the aforementioned insulating substrate and it may connect with the connection of the soft-magnetism film of the above 2nd, respectively.

[0010] The manufacture method of the magnetic sensing element of other viewpoints of this invention The step which forms the 1st rectangular soft-magnetism film on an insulating substrate, the step which forms an electric insulation film on the soft-magnetism film of the above 1st, It leaves the film of the aforementioned conductor only to the center section on the step which forms the film of a conductor on the aforementioned electric insulation film, and the aforementioned electric insulation film. And from the conductor of the center section which it left the account of before, it is prolonged on the 1st soft-magnetism film of the aforementioned rectangle at an abbreviation perpendicular. The step which leaves the connection of the couple for connecting with the electrode formed at a next step, removes others by etching processing, and forms the connection of a conductor and a couple, the above -- the step which forms an electric insulation film on a conductor, and the step which forms a soft-magnetism film on the aforementioned electric insulation film -- the above -- the step and the above from which the soft-magnetism film near the conductor is removed by etching -- the step which forms an electric insulation film on a conductor and a soft-magnetism film -- It has the step which forms the 3rd soft-magnetism film on the aforementioned insulator layer, and the step which forms the electrode of a couple so that predetermined distance may be separated on the aforementioned insulating substrate and it may connect with the connection of the aforementioned couple

electrically, respectively.

[0011]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the example of the magnetic sensing element of this invention is explained with reference to drawing 15 from drawing 1.

[0012] << -- 1st example >> -- drawing 1 is oblique projection drawing of the magnetic sensing element of the 1st example of this invention. Drawing 2 is a cross section in the cross section shown by the II-II line of drawing 1. the band-like conductor which carries out predetermined distance \*\*\*\*\* parallel on the insulating substrate 10 of the nonmagnetic object of TiNiMgOx preferably as a ceramic as drawing 1 is shown -- the electrodes 11 and 12 of the spatter film of a copper system are formed preferably As a ceramic material, TiCaOx etc. can be used other than Above TiNiMgOx. As electrodes 11 and 12, the spatter film of an aluminum (aluminum) system or a golden (Au) system, a plating film, a vacuum evaporation film, etc. can be used other than the above-mentioned copper system spatter film. The thickness of an insulating substrate 10 is about 0.5mm, and the thickness of electrodes 11 and 12 is about 2.0 micrometers. Between the electrode 11 and the electrode 12, the magnetic pole 20 which makes the principal part of this magnetic sensing element is formed. A magnetic pole 20 has the laminated structure of the 1st magnetic film 13, the 2nd magnetic film 14, and the 3rd magnetic film 15, and the nonmagnetic insulator layer 21 of SiO<sub>2</sub> film with a thickness of 0.1 micrometers is formed among each magnetic films 13-15. Magnetic films 13-15 are films of soft magnetic materials, such as FeTaN, and the thickness is about 0.5 micrometers. A magnetic film 14 has the connections 16 and 17 which intersect perpendicularly with the longitudinal direction. Connections 16 and 17 are formed on the insulating substrate 10 using the same material as a magnetic film 14. Each end face 18 of the portion aslant formed to the substrate side 10 of connections 16 and 17 is electrically connected to the magnetic film 14. Moreover, each end face 19 of the portion which touches the insulating substrate 10 of connections 16 and 17 is electrically connected to electrodes 11 and 12, respectively. If high-frequency voltage is impressed by RF generator 100 between an electrode 11 and 12, the high frequency current will flow the current path which results in an electrode 11, a connection 16, a magnetic film 14, a connection 17, and an electrode 12. The RF magnetic field shown in the circumference of current-path 16A in the magnetic film 14 connected to the connection 16 of drawing 1 in the cross section of drawing 2 by this high frequency current by the arrow arises.

[0013] Although the electrode 11 and the form where one magnetic pole 20 was formed among 12 are shown by the magnetic sensing element shown in drawing 1, a magnetic pole 20 is not restricted to one. In other examples of this example shown with the plan of drawing 3, four magnetic poles 20A, 20B, 20C, and 20D are formed. The number of magnetic poles 20 is not restricted to four pieces, and can be made into arbitrary numbers. Four magnetic poles 20A-20D are electrically connected in series by the connection 25. The both ends of a series-connection object are connected to electrodes 11 and 12, respectively. What is necessary is just to arrange the conductor (illustration ellipsis) which generates a direct-current bias magnetic field near the magnetic pole 20, in order to give magnetic bias to the magnetic sensing element shown in drawing 1 of this example.

[0014] The high frequency current of frequency 10MHZ is passed between the electrode 11 of the field indicator of this example, and an electrode 12, and the impedance of current-path 16A in a magnetic film 14 changes also in the external magnetic field shown by the arrows 30, such as earth magnetism. By detecting this impedance change, magnetic field strength is detectable. It is the easiest to connect resistance in series between RF generator 100, and an electrode 11 or 12 as the method of detection of change of an impedance, and to detect amplitude change of the high-frequency voltage between the ends children of resistance. As other methods, you may detect amplitude change of the high-frequency voltage of the ends of current-path 16A. Change of an impedance serves as the maximum, when the longitudinal direction of a magnetic pole 20 is in agreement with the direction of an external magnetic field. Thereby, the direction of an external magnetic field is detectable.

[0015] in the magnetic sensing element of this example, the front face (20 upper surfaces in drawing 1) of a magnetic pole 20 is flat, since there is no step like stair-like section 4D of (b) of drawing 16 of the conventional technology, the magnetic properties of a magnetic film 15 do not get worse, and high permeability is obtained -- things are made Therefore, change of the impedance of current-path 16A to change of an external magnetic field 30 is large, and the magnetic sensing element which has high detection sensitivity can be realized. Since the cross-section configuration of the magnetic film 14 connected in connections 16 and 17 and the cross-section configuration of the magnetic films 13 and 15 of the upper and lower sides which sandwich a magnetic film 14 are substantially equal, the magnetic flux by the external magnetic field 30 passes along magnetic films 13, 14, and 15 equally. Therefore, a magnetic sensing element with the sufficient linearity of the change of an impedance to the strength of an external magnetic field is obtained.

[0016] In the example of drawing 3, since the connection 25 of four magnetic poles 20A-20D is connected in series mutually, the variation of the impedance by the external magnetic field increases 4 times compared with the thing of drawing 1. Therefore, the detection sensitivity of a magnetic sensing element also increases 4 times, and can obtain the magnetic sensing element of high sensitivity. Although detection sensitivity becomes high so that the number of magnetic poles 20A-20D is increased, it is necessary to make high an impedance and voltage of the RF generator which passes the high frequency current since it becomes high. What is necessary is just to set up the number of magnetic poles suitably according to the purpose of use.

[0017] << -- 2nd example >> -- the magnetic sensing element of the 2nd example of this invention is explained with reference to drawing 4 and drawing 5 Drawing 4 is oblique projection drawing of the magnetic sensing element of the 2nd example, and

drawing 5 is the V-V cross section of drawing 4. In the following examples, the same portion as an example 1 is constituted by the same material. In drawing 4, the electrodes 11 and 12 of the band-like conductor which carries out predetermined distance \*\*\*\*\* parallel are formed on the nonmagnetic insulating substrates 10, such as a ceramic. The thickness of an insulating substrate 10 is about 0.5mm, and the thickness of electrodes 11 and 12 is about 2.0 micrometers. The magnetic pole 40 is formed among electrodes 11 and 12. The magnetic pole 40 has the band-like magnetic films 33, 34, and 35 formed one by one on the insulating substrate 10. The center section is divided by the conductors 36, such as copper, as a magnetic film 34 is shown in the cross section of drawing 5. A conductor 36 and magnetic films 33, 34, and 35 are electrically insulated by insulator layers 21 and 21A, respectively. In the both-sides side of a magnetic film 34 shown in drawing 4, the conductor 36 is connected with each flat part 36B formed in the front face of an insulating substrate 10 through each slant-face section 36A. Each end-face 36C of both flat part 36B is connected to electrodes 11 and 12, respectively. Insulator layers 21 and 21A insulate electrically, respectively between magnetic films 33 and 34 and between magnetic films 34 and 35. Magnetic films 33 and 35 are films of FeTaN, and both thickness is about 0.5 micrometers. The magnetic substance 34 is also the film of FeTaN and thickness is about 1.0 micrometers. Insulator layers 21 and 21A are films of SiO<sub>2</sub>, and thickness is about 0.1 micrometers.

[0018] The manufacture method of the magnetic sensing element of this example is explained with reference to drawing 4, drawing 5, and drawing 6. (d) is the cross section of each process of the manufacture shown in the same cross section as drawing 5 from (a) of drawing 6. A soft-magnetism film is formed on a substrate 10, by etching, it leaves the band-like portion used as the magnetic film 33 of (a) of drawing 6, and others are removed. The insulator layer 21 of SiO<sub>2</sub> with a thickness of about 0.1 micrometers is formed on a magnetic film 33. Film 36F of conductors, such as copper, are formed on an insulator layer 21, by etching, as shown in (b) of drawing 6, it leaves a conductor 36, and others are removed.

[0019] After forming insulator layer 21A (preferably SiO<sub>2</sub> film) on a conductor 36, magnetic-film 34A of the almost same thickness as a conductor 36 is formed on insulator layers 21 and 21A. If the lobe of magnetic-film 34A is removed as shown in (c) of drawing 6, the magnetic film 34 divided by the conductor 36 will be obtained. Insulator layer 21A of SiO<sub>2</sub> film is further formed on a magnetic film 34, and on insulator layer 21A, as further shown in (d) of drawing 6, a magnetic film 35 is formed. a small portion of ends of the aforementioned magnetic film 35 -- a remote position -- and a conductor -- conductors, such as copper with a thickness of about 2.0 micrometers which omitted illustration in drawing 6 so that it might connect with 36B and it is thin to the electrodes 11 and 12 shown in drawing 4, -- a film is formed a conductor -- by membranous etching, it leaves the portion of electrodes 11 and 12, other portions are removed, and the magnetic sensing element of this example is completed

[0020] At this example, as shown in drawing 5, when a magnetic sensing element is in an external magnetic field 30, magnetic flux passes by edge field 40A of a magnetic pole 40 along magnetic films 33, 34, and 35 dispersedly so that the flux density per cross section of the thickness direction may become uniform as an arrow shows. In addition, the length of an arrow shows flux density. Since the thickness of a magnetic film 34 is the double precision of the thickness of magnetic films 33 and 35, the magnetic flux which passes along a magnetic film 34 becomes almost the same as the sum total of the magnetic flux which passes along magnetic films 33 and 35. In central field 40B of a magnetic pole 40, since the magnetic flux of a magnetic film 34 is divided into two and it flows into magnetic films 33 and 35, the flux density of magnetic films 33 and 35 is doubled. That is, the strength of an external magnetic field doubles seemingly [ near the conductor 36 ]. Consequently, high-frequency voltage is impressed by RF generator 100 between an electrode 11 and 12, change of the impedance by the external magnetic field 30 when passing the high frequency current to a conductor 36 becomes large, and high detection sensitivity is obtained.

[0021] Each magnetic films 33 and 34 of drawing 5 of the 2nd example or 35 does not need to be the film of a monolayer which was not necessarily illustrated. For example, you may take multilayer structure as shows a detail suitably with the band of the frequency to be used, and the configuration of a magnetic pole desired by (b) and drawing 8 of (a) of drawing 7, or drawing 7. For example, as shown in (a) of drawing 7, the magnetic films 33, 34, and 35 electrically insulated by insulator layers 21 and 21A are magnetically cut in the thickness direction (the vertical direction in (a) of drawing 7) by the very thin nonmagnetic insulator layer 120 (the narrow in each magnetic film which performed and showed hatching SiO<sub>2</sub> insulator layer of 5nm \*\* shown by the level line) with a thickness of 5nm. When it carries out like this, static magnetism-combination is produced between the vertical layers of the magnetic film made by being cut, and it is hard coming to generate a reflux magnetic domain on a magnetic-film front face, and is effective in magnetic-domain structure being stabilized. Since a magnetic domain is not confused from the case of a monolayer when the width of face (size of the direction of [ from this side of space ] the back in (a) of drawing 7) of a magnetic pole is narrowed by this, it is stabilized and becomes easy to obtain high permeability. The magnetic sensing element which has high sensitivity also in the small narrow-width magnetic pole of an anti-magnetic field as a result can be obtained.

[0022] On the other hand, magnetic films 331 and 352 may be formed in the upper and lower sides of the above-mentioned composition like the modification of (b) of drawing 7 through the nonmagnetic insulator layers [ being still thicker (thickness in which an electric insulation is possible) ] E12 and E11, and the magnetic pole by magnetic films 331, 332, 341, 342, 351, and 352 may be constituted. It becomes possible by insulating each magnetic film electrically by the insulator layer 121 to prevent the so-called EDI current loss. Magnetic films 331, 332, 341, 342, 351, and 352 are magnetically separated by the nonmagnetic insulator layers 107b, 106b, 105b, 103b, 102b, and 101b, respectively. In addition, Conductors 104a and 104b are equivalent to the conductor 36 of drawing 5. Consequently, a small narrow-width magnetic pole of an anti-magnetic field

which was described above can be made to drive on higher frequency. Since an impedance increases in proportion to the frequency, sensitivity still higher than the above-mentioned example can be obtained in this case.

[0023] Drawing 8 expanded the portion of the field shown by VIII to (b) of drawing 7, and showed the example of the size of each part as a suitable example. Moreover, the sign corresponding to (b) of drawing 7 was attached and shown in each portion. Magnetic films 33F, 34F, and 35F correspond to the magnetic films 33, 34, and 35 of drawing 5, respectively. Insulator layers 21E and 21F correspond to insulator layers 21 and 21A, respectively. As shown in drawing 8, magnetic films 33F, 34F, and 35F are divided into vertical two-layer one by the nonmagnetic insulator layers 101b-107b for magnetic-domain stable [ of 5nm respectively very thin SiO<sub>2</sub> ]. Moreover, the nonmagnetic insulator layers E12 and E11 of the upper and lower sides of the thickness (0.1 micrometers) which can be insulated electric added and prepared in the upper and lower sides of penetration electric conductor 104b have the large effect of preventing EDI current loss. further -- insulator layer 21 of \*\* 2nd of 1st insulator layer [ of the 2nd lower shell ] 21, and 2nd upper shell A -- each -- SiO<sub>2</sub> of 0.1-micrometer \*\* a film -- penetration -- a conductor -- 104b is insulated In this example, except that small depression 35A is shown in the front face of the magnetic film 35 of the best layer since the thickness of a conductor 36 is almost the same as the thickness of a magnetic film 34 as shown in drawing 5, it is almost flat. That is, since there is no big irregularity like stair-like section 4D shown in (b) of drawing 16 of the conventional technology, decline in the permeability by it can be avoided and a magnetic sensing element with high permeability can be realized. Also in the same external magnetic field, the flux density of central field 40B becomes high, so that the permeability of a magnetic pole 40 is high. Therefore, impedance change of a conductor 36 also becomes large and detection sensitivity also becomes high.

[0024] Two or more magnetic poles 40 of the 2nd example may be arranged in parallel like the magnetic poles 20A-20D of drawing 3, and may be arranged. If it does in this way, each conductor 36 of two or more magnetic poles 40 will be connected in series, and the impedance change by the external magnetic field will become large in proportion to the number of magnetic poles 40.

[0025] << -- 3rd example>> -- the magnetic sensing element 100 of the 3rd example of this invention is explained with reference to drawing 9 and drawing 10 Drawing 9 is the plan of the magnetic sensing element of this example. Drawing 10 is a cross section in the cross section shown by the X-X line of an one magnetic pole 51 of drawing 9, for example, a magnetic pole. As drawing 9 is shown, the electrodes 43 and 44 of a conductor with a thickness of about 2.0 micrometers are formed with the predetermined interval on the nonmagnetic insulating substrates 10, such as a ceramic. Among electrodes 43 and 44, six magnetic poles 51, 52, 53, 54, 55, and 56 maintain a fixed interval, and parallel arrangement is carried out. Magnetic poles 51-56 have the same configuration substantially altogether, and show a cross section, one [ 51 ], for example, the magnetic pole, in it, to drawing 10.

[0026] In drawing 10, a magnetic pole 51 has Conductors 47A and 48A in two places. The structure of Conductors 47A and 48A and the magnetic films 50, 57A, 57B, 57C, and 58 of the near is substantially [ as the conductor 36 of drawing 5, and the structure of the near ] the same. the conductor on the right-hand side of each electrodes 51-56 -- 47A -- connection -- it connects in series mutually partly by the conductor 47 moreover, the conductor on the left-hand side of each electrodes 51-56 -- 48A -- connection -- it connects in series mutually partly by the conductor 48 the conductor of an electrode 51 -- the conductor of 47A and an electrode 56 -- 48A -- connection -- the conductor 45 connects connection -- the current path from an electrode 43 to an electrode 44 is formed of conductors 45, 47, and 48 The number of the magnetic poles 51-56 shown in drawing 9 may not be limited to six, and there may be well at least than six. [ more ]

[0027] Operation of this example is explained below. if the high-frequency voltage from RF generator 100 is impressed between an electrode 43 and 44 in drawing 9 -- from an electrode 43 -- each -- a conductor 47 -- each -- conductor 47A and connection -- a conductor 45 -- each -- a conductor 48 -- each -- a conductor -- pass 48A -- the current in inverse proportion to the impedance of a current path flows the current path which results in an electrode 44

[0028] The thick white arrow 30 shows to drawing 9 on behalf of the magnetic field detected by the magnetic sensing element 110 of this example. Magnetic flux passes along the magnetic sensing-element 110 whole like what shows magnetic poles 51-56 also in the almost uniform external magnetic field 30 at drawing 5 of the 2nd example of the above. Thereby, the impedance of the conductors 47A and 48A of each magnetic poles 51-56 decreases. Consequently, the impedance between an electrode 43 and an electrode 44 can decrease, and an external magnetic field can be detected.

[0029] this example -- two places of each magnetic poles 51-56 -- Conductors 47A and 48A -- preparing -- and conductor 47A of each magnetic poles 51-56 and a conductor -- since 48A is connected in series, change of the impedance by the external magnetic field 30 increases sharply In the example of drawing 9, it increases 12 times (6x2) compared with the thing of drawing 4. Consequently, the sensitivity of magnetic detection also increases 12 times.

[0030] << -- 4th example>> -- the magnetic sensing element of the 4th example of this invention is explained with reference to drawing 11 The substantial composition of the magnetic sensing element of this example is the same as the thing of drawing 4 of the 2nd example of the above. Drawing 11 is the cross section of the magnetic pole 60 of the magnetic sensing element of this example, and is equivalent to the cross section of drawing 5. this example is related with the method of passing a direct current, in order to give a direct-current bias magnetic field to a magnetic pole 60. By the method shown in (a) of drawing 11, a direct current is passed to the magnetic film [ directly under ] 33 of a conductor 36. In order to pass a direct current, the feeding point 61 of the magnetic film [ directly under ] 33 of a conductor 36 is connected to the positive electrode of DC power supply, and the feeding point of the background (position of the tooth back of paper) of the magnetic film 33 which is not visible is connected to a negative electrode in this drawing. This passes current toward the back from this



side of space. The lead wire linked to the feeding point 61 can be made from the etching process which forms a magnetic film 33 easily and easily by leaving the portion of the magnetic film following the feeding point 61 on an insulating substrate 10 by the width of face of the longitudinal direction of drawing of a conductor 36, and the width of face of the same grade. Since the one feeding point 61 is at a magnetic film 33, structure is easy. However, the direct-current bias magnetic field given to a magnetic pole 60 is a little uneven.

[0031] By the method shown in (b) of drawing 11, the two feeding points 62 and 63 which are a little separated from the conductor 36 of a magnetic film 33 are connected to the positive electrode of DC power supply, and the two feeding points of the background of the magnetic film 33 which is not visible drawing are connected to a negative electrode. This passes current from this side of space toward the back to the feeding points 62 and 63. The direct-current bias magnetic field given to a magnetic pole 60 as a result becomes homogeneity from the case of (a) of aforementioned drawing 11. In addition to the feeding points 62 and 63 of (b) of drawing 11, by the method shown in (c) of drawing 11, the two feeding points 64 and 65 are formed also in a magnetic film 35. Current is passed from this side of space toward the back to the feeding points 62 and 63, and current is passed from the back of space toward this side to them at the feeding points 64 and 65. According to the method of (c) of drawing 11, a direct-current bias magnetic field becomes uniform far rather than the method of (b) of drawing 11. According to this example, a big direct-current bias magnetic field can be given to a magnetic pole by the comparatively few direct current.

[0032] << -- 5th example >> -- the magnetic sensing element of the 5th example of this invention is explained with reference to drawing 12 and drawing 13. Drawing 12 is oblique projection drawing of the magnetic sensing element of this example, and drawing 13 is the XIII-XIII cross section of drawing 12. In drawing 10 and drawing 11, on the nonmagnetic insulating substrate 10, predetermined distance is separated and electrodes 11 and 12 are formed. The magnetic pole 70 is formed among electrodes 11 and 12. A magnetic pole 70 has the magnetic film 33 with a thickness of about 0.5 micrometers formed on the insulating substrate 10, and the magnetic films 34A and 34B with a thickness of about 1.0 micrometers formed through the insulator layer 21 with a thickness of about 0.1 micrometers on the magnetic film 33. Between magnetic-film 34A and magnetic-film 34B, a conductor 36 maintains an insulation magnetic films 34A and 34B and in between, and is prepared. The magnetic film 72 with a thickness of about 0.5 micrometers is formed through insulator layer 21A on magnetic films 34A and 34B and the conductor 36. the connection in which the conductor 36 was formed on the insulating substrate 10 -- pass conductors 74 and 75 -- it connects with electrodes 11 and 12 electrically, respectively. In this example, the magnetic film 72 is formed only near the conductor 36.

[0033] Generally, if the magnetic film of a magnetic sensing element is placed into an external magnetic field, an anti-magnetic field will arise in a magnetic film. It is known that an anti-magnetic field is proportional to the total thickness of a magnetic film. In this example, by having formed the magnetic film 72 of the best layer only near the conductor 36, in portions other than about 36 conductor, it becomes only a magnetic film 33 and magnetic films 34A and 34B, and the total thickness of a magnetic film is thinner than the thing of each aforementioned example. Thereby, anti-magnetic field strength also decreases and about 36 conductor [ by the external magnetic field ] magnetic flux increases. As a result, impedance change of a conductor 36 also becomes large and its sensitivity of magnetic detection improves. Since there is no big irregularity in the about 36-conductor magnetic film 72, permeability is also kept high and its detection sensitivity improves also from this point.

[0034] << -- 6th example >> -- the magnetic sensing element of the 6th example of this invention is explained with reference to drawing 14. Drawing 14 is the cross section showing the same cross section as drawing 13 of the 5th example of the above. In drawing, the magnetic film 81 with a thickness of about 0.5 micrometers is formed in the central field of the nonmagnetic insulating substrate 10. The conductor 36 is formed in a center section after forming the insulator layer 82 with a thickness of 0.1 micrometers on a magnetic film 81. the above on an insulator layer 82 -- magnetic films 83A and 83B are formed in the portion except the portion of a conductor 36, and the insulator layer 85 is formed on a conductor 36 and magnetic films 83A and 83B. The magnetic film 86 is formed on the about 36-conductor insulator layer 85.

[0035] According to this example, since the laminating of the magnetic films 81, 83A, 83B, and 86 is carried out near the conductor 36, the total thickness of a magnetic film is about 2 micrometers. However, at the right-and-left both ends of drawing, since it is only magnetic films 83A and 83B, thickness is about 1 micrometer. By most magnetic poles 80, with 1 micrometer, since the thickness of a magnetic film is thin, anti-magnetic field strength becomes still smaller than the thing of the 5th example of the above. An external magnetic field becomes large in efficiency by this, and the sensitivity of magnetic detection improves. If the thickness of furthers 83A and 83B is larger than total of the thickness of magnetic films 81 and 86, since flux density becomes large by about 36 conductor, it will turn into high sensitivity. Drawing 15 is the cross section showing the feeding point of a direct current for giving a direct-current bias magnetic field to the magnetic pole 80 of this example. In a magnetic film 81, current is passed from this side of space toward the back to the two feeding points 88, and current is passed from the back of space toward this side to them at a magnetic film 86 at the two feeding points 89. Thereby, a uniform direct-current bias magnetic field can be given to a magnetic pole 80.

[0036]

[Effect of the Invention] As each above example explained in detail, according to this invention, the laminating of the three magnetic films is carried out through an insulator layer, and a magnetic pole is formed. RF current is passed to the current path formed in the magnetic film of the center of a magnetic pole, and the impedance of a current path changes a magnetic pole also into an external magnetic field. Since change of an impedance corresponds to the strength of an external magnetic

field, it can detect the strength of an external magnetic field. since there is no big irregularity on the surface of a magnetic pole -- permeability -- it is kept high and impedance change of the current path by the external magnetic field becomes large As a result, the magnetic high sensing element of detection sensitivity is obtained.

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-8099

(P2003-8099A)

(43) 公開日 平成15年1月10日 (2003.1.10)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マ-ト\* (参考)

H 0 1 L 43/00

H 0 1 L 43/00

2 G 0 1 7

G 0 1 R 33/02

G 0 1 R 33/02

D 5 E 0 4 9

H 0 1 F 41/14

H 0 1 F 41/14

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-188695 (P2001-188695)

(22) 出願日 平成13年6月21日 (2001.6.21)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 村田 明夫

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 村松 小百合

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74) 代理人 100062926

弁理士 東島 隆治

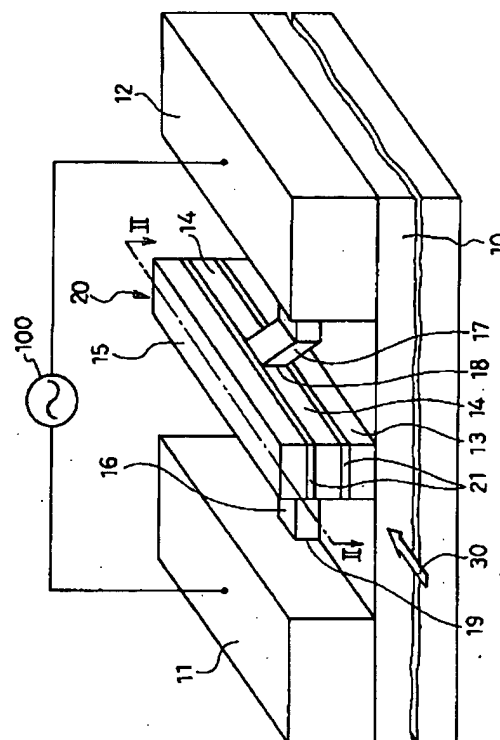
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気検出素子

(57) 【要約】

【課題】 簡単な構成で検出感度の高い磁気検出素子を得ること。

【解決手段】 絶縁基板上に第1の軟磁性膜を形成し、第1の軟磁性膜の上に絶縁膜を介して第2の軟磁性膜を形成する。第2の軟磁性膜の一部に高周波電流を流す電流路を設ける。第2の磁性膜の上にはさらに絶縁膜を介して第3の磁性膜を形成する。第1から第3の磁性膜から成る磁極を外部磁界中におき、前記電流路に高周波電流を流すと、外部磁界により電流路のインピーダンスが変化する。このインピーダンス変化から磁界の強さと方向を検出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電気絶縁性を有する部材上に形成された第1の軟磁性膜、

前記第1の軟磁性膜の上に第1の電気絶縁性の膜を介して形成され、1対の電気接続部を有する第2の軟磁性膜、

前記第2の軟磁性膜の上に第2の電気絶縁性の膜を介して形成された第3の軟磁性膜、及び前記1対の電気接続部を外部の高周波電源に接続するための1対の電極を有する磁気検出素子。

【請求項2】 電気絶縁性を有する部材の上に形成された第1の軟磁性膜、

前記第1の軟磁性膜の上の一部分に第1の電気絶縁性の膜を介して形成された導体、

前記第1の軟磁性膜の上の前記導体が形成された部分を除く他の部分に電気絶縁性の膜を介して形成された第2の軟磁性膜、

前記導体及び第2の軟磁性膜の上に第2の電気絶縁性の膜を介して形成された第3の軟磁性膜、及び前記導体の両端に接続部を経て接続され、前記導体を外部の高周波電源に接続するための1対の電極を有する磁気検出素子。

【請求項3】 前記第1の軟磁性膜、第2の軟磁性膜及び第3の軟磁性膜を有する磁極の複数のものを、それぞれ前記電気接続部で互いに連結して直列に接続したことを特徴とする請求項1記載の磁気検出素子。

【請求項4】 前記第1の軟磁性膜、第2の軟磁性膜、導体36及び第3の軟磁性膜を有する磁極の複数のものを、それぞれの前記導体を互いに連結して直列に接続したことを特徴とする請求項2記載の磁気検出素子。

【請求項5】 電気絶縁性を有する部材の上に並行して形成された複数の第1の軟磁性膜、

前記第1の軟磁性膜のそれぞれの上に電気絶縁性の膜を介して所定の離間距離を保って形成された少なくとも2つの導体、

前記第1の軟磁性膜のそれぞれの上の前記導体が形成された部分を除く他の部分に電気絶縁性の膜を介して形成された第2の軟磁性膜、

前記導体及び第2の軟磁性膜の上に電気絶縁性の膜を介して形成された第3の軟磁性膜、

前記第1の軟磁性膜のそれぞれの上に形成された前記少なくとも2つの導体を直列に接続する接続部、及び前記接続部の両端に接続された電極を有する磁気検出素子。

【請求項6】 前記第3の軟磁性膜が前記電気接続部の近傍のみに形成されていることを特徴とする請求項1記載の磁気検出素子。

【請求項7】 前記第1の軟磁性膜が、前記電気接続部の近傍のみに形成されていることを特徴とする請求項1記載の磁気検出素子。

【請求項8】 前記第3の軟磁性膜が前記導体の近傍のみに形成されていることを特徴とする請求項2又は5記載の磁気検出素子。

【請求項9】 前記第1の軟磁性膜が、前記導体の近傍のみに形成されていることを特徴とする請求項2又は5記載の磁気検出素子。

【請求項10】 前記第1及び第3の軟磁性膜の厚さが前記第2の軟磁性膜の厚さの約2分の1であることを特徴とする請求項1、2又は5記載の磁気検出素子。

【請求項11】 前記第1、第2及び第3の軟磁性膜が、それぞれ複数の軟磁性膜と電気絶縁性の膜とを交互に積層した膜であることを特徴とする請求項1、2又は5記載の磁気検出素子。

【請求項12】 絶縁基板の上に、長方形の第1の軟磁性膜を形成するステップ、

前記第1の軟磁性膜の上に電気絶縁膜を形成するステップ、

前記電気絶縁膜の上面を含む絶縁基板の全面に軟磁性膜を形成するステップ、

前記軟磁性膜にエッチング処理を施して、長方形の第2の軟磁性膜及び前記第2の軟磁性膜と後のステップで形成される電極との間を接続するための一対の接続部を残して他の部分を除去するステップ、

前記第2の軟磁性膜の上に電気絶縁膜を形成するステップ、

前記電気絶縁膜の上に第3の軟磁性膜を形成するステップ、及び前記絶縁基板の上に所定の距離を隔てて前記第2の軟磁性膜の接続部にそれぞれ接続されるように一対の電極を形成するステップ、

を有する磁気検出素子の製造方法。

【請求項13】 絶縁基板の上に、長方形の第1の軟磁性膜を形成するステップ、

前記第1の軟磁性膜の上に電気絶縁膜を形成するステップ、

前記電気絶縁膜の上に導電体の膜を形成するステップ、前記電気絶縁膜上の中央部にのみ前記導電体の膜を残し、かつ前記残した中央部の導電体から、前記長方形の第1の軟磁性膜に略垂直に延び、後のステップで形成される電極に接続されるための一対の接続部を残して他を

エッチング処理により除去して導体と一対の接続部を形成するステップ、

前記導体の上に電気絶縁膜を形成するステップ、

前記電気絶縁膜の上に軟磁性膜を形成するステップ、前記導体の近傍の軟磁性膜をエッチングにより除去するステップ、

前記導体及び軟磁性膜の上に電気絶縁膜を形成するステップ、

前記絶縁膜の上に第3の軟磁性膜を形成するステップ、及び前記絶縁基板の上に所定距離を隔てて前記一対の接続部にそれぞれ電氣的に接続されるように一対の電極を

形成するステップ、  
を有する磁気検出素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は微弱な磁気及び磁界を検出する磁気検出素子に関する。

【0002】

【従来の技術】微弱な磁気あるいは磁界を検出する磁気検出素子（磁気センサ）としては、従来から磁気抵抗効果型磁気センサ（以下、MRセンサ）が知られている。MRセンサでは、磁界の強さに応じてMRセンサの抵抗値が変化する磁気抵抗効果を利用して磁界を検出する。磁気抵抗効果による抵抗の変化は反転磁界に対して対称である。従ってMRセンサにより磁界の極性（N又はS）を検出するためには、MRセンサにバイアス磁界を与えて、磁界による抵抗の変化が磁界の極性に対して非対称になるようにする。バイアス磁界を与えるために、MRセンサの磁極の下もしくは上に導体を設けて、その導体にバイアス電流を流す方式や永久磁石膜を磁極両端に配置する方式などがある。MRセンサは外部磁界による導体の直流抵抗の変化により磁界を検出するが、直流抵抗の変化は磁気材料により大きく影響を受ける。磁界の検出感度は0.1%～3%/Oe程度でありあまり高いとはいえない。MRセンサより高い検出感度を有する磁気検出素子として、磁気インピーダンス効果を利用するものがある。この種の磁気センサでは軟磁性体の透磁率の変化による磁気回路内の導体のインピーダンスの変化に基づいて磁界を検出する。この種の磁気センサの典型的なものの感度は6%/Oe以上である。

【0003】このような磁気インピーダンス効果利用型の磁気センサの例が特開平7-63832号公報（以下従来例という）に示されている。図16は前記従来例の磁気センサの部分断面図である。図16の（a）の構成では、2つの磁性体3A、3Bを張り合わせて磁極3を形成し、磁性体3A、3B間に導体2をはさんでいる。磁性体3Bには階段状部3Dが存在する。図16の（b）の構成では、平板状の磁性体4A上に絶縁材5を設け、絶縁材5の中央部を貫通するように導体2を配置している。絶縁材5を囲むように磁性体4Bを形成し、磁性体4Bの上下の端部は磁性体4Aに張り合わせて磁極4を形成している。前記導体2に高周波電流を流し、導体2のインピーダンスの外部磁界による変化に基づいて磁界を検出する。バイアス磁界は導体2に直流バイアス電流を流すことにより与えるとしている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】図16の（a）の構成において、導体2に直流電流を流すと、磁性体3A及び3Bには矢印6及び7で示す、互いに逆方向の直流バイアス磁界が発生する。矢印1で示す外部磁界がある場合、磁性体3Aの直流バイアス磁界6は外部磁界1と逆

方向のため、弱められてしまう。従って磁極3に有効に直流バイアス磁界を与えることができない。また、図16の（b）に示す構成では、右側の磁性体4Bが絶縁材5を乗り越えるために山状になされている。そのため山状の頂部の両側には階段状部4Dが形成される。発明者の種々の実験の結果、階段状部3Dを有する磁極3や、階段状部4Dを有する磁極4は透磁率が低く、外部磁化が印加されたときの導体のインピーダンスも低い。従って磁気センサとしての感度も低いことが判明した。本発明は上記先行例に比べて感度の高い磁気インピーダンス効果利用のセンサを得ることを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の磁気検出素子は、電気絶縁性を有する部材上に形成された第1の軟磁性膜、前記第1の軟磁性膜の上に電気絶縁性の膜を介して形成され、1対の電気接続部を有する第2の軟磁性膜、前記第2の軟磁性膜の上に電気絶縁性の膜を介して形成された第3の軟磁性膜、及び前記第1対電気接続線を外部の高周波電源に接続するための電極を有する。本発明によればその素子は、以下の作用と効果を有する。3つの軟磁性膜を電氣的絶縁膜を介して積み重ねて磁極を形成し、磁極の中央の軟磁性膜の一部分の電流路に高周波電流を流す。この高周波電流によって、前記電流路の周囲の軟磁性膜内に電流路を囲む磁界が生じる。この状態で磁極を外部磁界中におくと、外部磁界による磁束が前記電流路の周囲の磁界を変化させ、電流路のインピーダンスを変化させる。インピーダンスは磁界の強さに逆比例するので、このインピーダンス変化を検出することにより、外部磁界の大きさを検出することができる。

【0006】外部磁界の方向が電流路を流れる電流の方向に垂直のときインピーダンス変化は極大となる。従ってインピーダンスの極小値を求めることにより、外部磁界の方向を検出することができる。磁極の磁性膜に大きな凹凸がないので、透磁率は最も高い状態に保たれ、インピーダンスの変化も最も大きい状態にある。従って検出感度の高い磁気検出素子が実現できる。

【0007】本発明の他の観点の磁気検出素子は、電気絶縁性を有する部材の上に形成された第1の軟磁性膜、前記第1の軟磁性膜の上の一部分に電気絶縁性の膜を介して形成された導体、前記第1の軟磁性膜の上の前記導体が形成された部分を除く他の部分に電気絶縁性の膜を介して形成された第2の軟磁性膜、前記導体及び第2の軟磁性膜の上に電気絶縁性の膜を介して形成された第3の軟磁性膜、及び前記導体の両端に接続部を経て接続され、前記導体を外部の高周波電源に接続するための電極を有する。この素子によれば、前記の作用効果に加えて、電流路が導体であるので直流抵抗が低く電流路を流れる高周波電流を増加させることができる。これにより磁気検出の感度が更に向上する。さらに外部磁界によって生じる磁極内の磁束密度が導体周辺で高くなるので、

実質的に実際の磁界よりも強い磁界を与えられることになり、検出感度が更に向上する。

【0008】本発明の他の観点の磁気検出素子は、電気絶縁性を有する部材の上に並行して形成された複数の第1の軟磁性膜、前記第1の軟磁性膜のそれぞれの上に電気絶縁性の膜を介して所定の離間距離を保って形成された少なくとも2つの導体、前記第1の軟磁性膜のそれぞれの上の前記導体が形成された部分を除く他の部分に電気絶縁性の膜を介して形成された第2の軟磁性膜、前記導体及び第2の軟磁性膜の上に電気絶縁性の膜を介して形成された第3の軟磁性膜、前記第1の軟磁性膜のそれぞれの上に形成された前記少なくとも2つの導体を直列に接続する接続部、及び前記接続部の両端末に接続され高周波電源に接続するための電極を有する。この素子によれば、複数の導体が直列に接続されているので、導体のインピーダンスの変化が、直列に接続された導体の数に比例して増加する。その結果、外部磁界の検出感度を大幅に高くすることができる。

【0009】本発明の磁気検出素子の製造方法は、絶縁基板の上に、長方形の第1の軟磁性膜を形成するステップ、前記第1の軟磁性膜の上に電気絶縁膜を形成するステップ、前記電気絶縁膜の上面を含む絶縁基板の全面に軟磁性膜を形成するステップ、前記軟磁性膜にエッチング処理を施して、長方形の第2の軟磁性膜及び前記第2の軟磁性膜と後のステップで形成される電極との間を接続するための一対の接続部を残して他の部分を除去するステップ、前記第2の軟磁性膜の上に電気絶縁膜を形成するステップ、前記電気絶縁膜の上に第3の軟磁性膜を形成するステップ、及び前記絶縁基板の上に所定の距離を隔てて前記第2の軟磁性膜の接続部にそれぞれ接続されるように一対の電極を形成するステップ、を有する。

【0010】本発明の他の観点の磁気検出素子の製造方法は、絶縁基板の上に、長方形の第1の軟磁性膜を形成するステップ、前記第1の軟磁性膜の上に電気絶縁膜を形成するステップ、前記電気絶縁膜の上に導電体の膜を形成するステップ、前記電気絶縁膜上の中央部にのみ前記導電体の膜を残し、かつ前記残した中央部の導電体から、前記長方形の第1の軟磁性膜に略垂直に延び、後のステップで形成される電極に接続されるための一対の接続部を残して他をエッチング処理により除去して導体と一対の接続部を形成するステップ、前記導体の上に電気絶縁膜を形成するステップ、前記電気絶縁膜の上に軟磁性膜を形成するステップ、前記導体の近傍の軟磁性膜をエッチングにより除去するステップ、前記導体及び軟磁性膜の上に電気絶縁膜を形成するステップ、前記絶縁膜の上に第3の軟磁性膜を形成するステップ、及び前記絶縁基板の上に所定距離を隔てて前記一対の接続部にそれぞれ電気的に接続されるように一対の電極を形成するステップ、を有する。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の磁気検出素子の実施例を図1から図15を参照して説明する。

【0012】《第1実施例》図1は本発明の第1実施例の磁気検出素子の斜投影図である。図2は図1のII-II線で示す断面での断面図である。図1において示すように、セラミックとして好ましくは $\text{TiNiMgOx}$ の非磁性物の絶縁基板10の上に、互いに所定距離隔てて並行する帯状の導電体好ましくは銅系のスパッタ膜の電極11、12が設けられている。セラミック材料としては上記 $\text{TiNiMgOx}$ の他に $\text{TiCaOx}$ なども用いる。電極11、12としては上記銅系スパッタ膜の他にアルミニウム(Al)系、または金(Au)系のスパッタ膜、メッキ膜、蒸着膜なども用いる。絶縁基板10の厚さは約0.5mmであり、電極11、12の厚さは約2.0 $\mu\text{m}$ である。電極11と電極12の間には、本磁気検出素子の主要部をなす磁極20が設けられている。磁極20は、第1の磁性膜13、第2の磁性膜14及び第3の磁性膜15の積層構造を有し、各磁性膜13～15の間には厚さ0.1 $\mu\text{m}$ の $\text{SiO}_2$ 膜の非磁性絶縁膜21が設けられている。磁性膜13～15は $\text{FeTaN}$ などの軟磁性体の膜であり、その厚さは約0.5 $\mu\text{m}$ である。磁性膜14は、その長手方向に直交する接続部16、17を有する。接続部16、17は、磁性膜14と同じ材料を用いて絶縁基板10の上に設けられている。接続部16、17の基板面10に対して斜めに形成された部分のそれぞれの端面18は磁性膜14に電気的に接続されている。また接続部16、17の絶縁基板10に接する部分のそれぞれの端面19は電極11、12にそれぞれ電気的に接続されている。電極11、12間に高周波電源100により高周波電圧を印加すると、電極11、接続部16、磁性膜14、接続部17及び電極12に至る電流路を高周波電流が流れる。この高周波電流により、図2の断面図において、図1の接続部16に接続された磁性膜14内の電流路16Aの周囲に矢印で示す高周波磁界が生じる。

【0013】図1に示す磁気検出素子では、電極11、12間に1つの磁極20が設けられた形が示されているが、磁極20は1つに限られるものではない。図3の平面図で示す本実施例の他の例では、4つの磁極20A、20B、20C及び20Dを設けている。磁極20の数は4個に限られるものではなく任意の数にすることができる。4つの磁極20A～20Dは接続部25によって電気的に直列に接続されている。直列接続体の両端部はそれぞれ電極11と12に接続されている。本実施例の図1に示す磁気検出素子に磁気バイアスを与えるためには、磁極20の近傍に直流バイアス磁界を発生させる導体(図示省略)等を配置すればよい。

【0014】本実施例の磁気検出器の電極11と電極12間に例えば周波数10MHzの高周波電流を流し、地磁気などの、矢印30で示す外部磁界におくと、磁性膜

14内の電流路16Aのインピーダンスが変化する。このインピーダンス変化を検出することにより、磁界の強さを検出することができる。インピーダンスの変化の検出方法としては、高周波電源100と、電極11又は12との間に直列に抵抗を接続し、抵抗の両端子間の高周波電圧の振幅変化を検出するのが最も簡単である。他の方法としては電流路16Aの両端の高周波電圧の振幅変化を検出してもよい。インピーダンスの変化は磁極20の長手方向が外部磁界の方向と一致するとき最大となる。これにより外部磁界の方向を検出することができる。

【0015】本実施例の磁気検出素子では、磁極20の表面(図1における20の上面)が平坦であり、従来技術の図16の(b)の階段状部4Dのような段部がないので、磁性膜15の磁気特性が悪化することなく、高い透磁率を得ることができる。従って外部磁界30の変化に対する電流路16Aのインピーダンスの変化が大きく、高い検出感度を有する磁気検出素子が実現できる。接続部16、17でつながっている磁性膜14の断面形状と、磁性膜14をはさむ上下の磁性膜13、15の断面形状が実質的に等しいので、外部磁界30による磁束は磁性膜13、14、15を均等に通る。そのため、外部磁界の強さに対するインピーダンスの変化の直線性が良い磁気検出素子が得られる。

【0016】図3の例では4つの磁極20A~20Dの接続部25が互いに直列に接続されているので、外部磁界によるインピーダンスの変化量が、図1のものに比べて4倍になる。従って磁気検出素子の検出感度も4倍になり、高感度の磁気検出素子を得ることができる。磁極20A~20Dの数を増やすほど検出感度が高くなるが、インピーダンスも高くなるので高周波電流を流す高周波電源の電圧も高くする必要がある。磁極の数は使用目的に応じて適当に設定すればよい。

【0017】《第2実施例》本発明の第2実施例の磁気検出素子について図4及び図5を参照して説明する。図4は第2実施例の磁気検出素子の斜投影図であり、図5は図4のV-V断面図である。以下の実施例において実施例1と同様の部分は同様の材料により構成されている。図4において、セラミック等の非磁性の絶縁基板10の上に所定距離離れて並行する帯状の導体の電極11、12が設けられている。絶縁基板10の厚さは約0.5mmであり、電極11、12の厚さは約2.0μmである。電極11と12の間には、磁極40が設けられている。磁極40は、絶縁基板10の上に順次形成された、帯状の磁性膜33、34、35を有している。磁性膜34は図5の断面図に示すように、中央部が銅等の導体36により分断されている。導体36と、磁性膜33、34、35とはそれぞれ絶縁膜21、21Aにより電気的に絶縁されている。図4に示す磁性膜34の両側面において、導体36はそれぞれの斜面部36Aを経

て、絶縁基板10の表面に形成されたそれぞれの平坦部36Bにつながっている。両平坦部36Bのそれぞれの端面36Cは電極11と12にそれぞれ接続されている。磁性膜33と34の間、及び磁性膜34と35の間はそれぞれ絶縁膜21、21Aによって電気的に絶縁されている。磁性膜33及び35は、例えばFeTaNの膜であり、厚さは共に約0.5μmである。磁性膜34もFeTaNの膜であり、厚さは約1.0μmである。絶縁膜21、21Aは例えばSiO<sub>2</sub>の膜であり、厚さは約0.1μmである。

【0018】本実施例の磁気検出素子の製造方法について、図4、図5及び図6を参照して説明する。図6の(a)から(d)は、図5と同じ断面で示す製造の各工程の断面図である。基板10上に軟磁性膜を形成し、エッチングにより、図6の(a)の磁性膜33となる帯状の部分を残して他を除去する。磁性膜33の上に厚さ約0.1μmのSiO<sub>2</sub>の絶縁膜21を形成する。絶縁膜21の上に銅等の導体の膜36Fを形成し、エッチングにより図6の(b)に示すように導体36を残して他を除去する。

【0019】導体36の上に絶縁膜21A(好ましくはSiO<sub>2</sub>膜)を形成した後、絶縁膜21と21Aの上に、導体36とほぼ同じ厚さの磁性膜34Aを形成する。図6の(c)に示すように、磁性膜34Aの突出部を除去すると、導体36で分断された磁性膜34が得られる。磁性膜34の上に更にSiO<sub>2</sub>膜の絶縁膜21Aを形成し、更に絶縁膜21Aの上に図6の(d)に示すように磁性膜35を形成する。前記磁性膜35の両端の少し離れた位置でかつ導体36Bと接続される様に図6では図示を省略した、図4に示す電極11、12となる厚さ約2.0μmの銅などの導体膜を形成する。導体膜のエッチングにより、電極11、12の部分を残して他の部分を除去して、本実施例の磁気検出素子が完成する。

【0020】本実施例では、図5に示すように、磁気検出素子が外部磁界30内にあるとき、磁極40の端部領域40Aでは、磁束は矢印で示すように磁性膜33、34及び35を厚さ方向の断面積当たりの磁束密度が均一になるように分散して通る。なお矢印の長さは磁束密度を表示している。磁性膜34の厚さは、磁性膜33及び35の厚さの2倍であるので、磁性膜34を通る磁束は、磁性膜33及び35を通る磁束の合計とほぼ同じになる。磁極40の中央領域40Bでは、磁性膜34の磁束は2つに分かれて、磁性膜33と35に流入するので、磁性膜33と35の磁束密度は倍増する。すなわち導体36の近傍においては、外部磁界の強さが見かけ上倍増する。その結果、電極11、12間に高周波電源100により高周波電圧を印加し、導体36に高周波電流を流したときの外部磁界30によるインピーダンスの変化が大きくなり、高い検出感度を得られる。

【0021】第2の実施例の図5の各磁性膜33、34又は35は、必ずしも図示したような単一層の膜である必要はない。たとえば使用する周波数の帯域や、望まれる磁極の形状によって適宜図7の(a)又は図7の(b)及び図8で詳細を示すような多層構造を採っても良い。たとえば図7の(a)のように、絶縁膜21、21Aで電氣的に絶縁された磁性膜33、34、35を、例えば厚み5nmの非常に薄い非磁性絶縁膜120(ハッチングを施して示した各磁性膜中の細い水平の線で示した5nm厚のSiO<sub>2</sub>絶縁膜)で厚さ方向(図7の(a)での上下方向)に磁氣的に切断する。こうすると、切断されてできた磁性膜の上下層間には静磁氣的な結合が生まれ、磁性膜表面に還流磁区が生じにくくなり、磁区構造が安定するという効果がある。このことにより、磁極の幅(図7の(a)では紙面の手前から背後への方向の寸法)を狭めた場合に、単一層の場合より磁区が乱れないため、安定して高い透磁率が得やすくなる。その結果反磁界の小さな狭幅磁極においても高い感度を有する磁気検出素子を得ることができる。

【0022】一方図7の(b)の変形例のように、上記構成の上下にさらに厚め(電氣的な絶縁が可能な厚み)の非磁性絶縁膜E12、E11を介して、磁性膜331、352を設けて、磁性膜331、332、341、342、351、352による磁極を構成してもよい。各磁性膜を絶縁膜121で電氣的に絶縁することによりいわゆるエディカレント損失を防ぐことが可能になる。磁性膜331、332、341、342、351、352はそれぞれ、非磁性絶縁膜107b、106b、105b、103b、102b、101bで磁氣的に分離されている。なお導体104a、104bは図5の導体36に相当する。その結果、上記したような反磁界の小さな狭幅磁極をより高い周波数で駆動させることができる。インピーダンスはその周波数に比例して増大するので、この場合は、上記例よりもさらに高い感度を得ることができる。

【0023】図8は、図7の(b)にVIIIで示した領域の部分を拡大して、好適実施例としての各部の寸法の例を示した。また各部分には図7の(b)に対応する符号を付して示した。磁性膜33F、34F、35Fは、それぞれ図5の磁性膜33、34、35に対応している。絶縁膜21E及び21Fはそれぞれ絶縁膜21及び21Aに対応している。図8に示したように磁性膜33F、34F及び35Fは、それぞれ非常に薄い5nmのSiO<sub>2</sub>の磁区安定用の非磁性絶縁膜101b~107bで上下2層に分けられている。また貫通電導体104bの上下に追加して設けた、電氣的絶縁が可能な厚み

(0.1μm)の上下の非磁性絶縁膜E12、E11はエディカレント損失を防止する効果大きい。さらに下から2番目の第1の絶縁膜21と上から2番目の第2の絶縁膜21Aは何れも0.1μm厚のSiO<sub>2</sub>膜で貫

通導体104bの絶縁を行う。本実施例では、図5に示すように、磁性膜34の厚さと導体36の厚さがほぼ同じであるので、最上層の磁性膜35の表面には小さな凹み35Aがある以外はほぼ平坦である。すなわち従来技術の図16の(b)に示す階段状部4Dのような大きな凹凸はないので、それによる透磁率の低下を避けることができ、透磁率の高い磁気検出素子が実現できる。磁極40の透磁率が高いほど、同じ外部磁界においても、中央領域40Bの磁束密度が高くなる。従って導体36のインピーダンス変化も大きくなり検出感度も高くなる。

【0024】第2実施例の磁極40を、図3の磁極20A~20Dのように、複数個並列して配置してもよい。このようにすると、複数の磁極40のそれぞれの導体36が直列に接続されることになり、外部磁界によるインピーダンス変化が磁極40の数に比例して大きくなる。

【0025】《第3実施例》本発明の第3実施例の磁気検出素子100について図9及び図10を参照して説明する。図9は本実施例の磁気検出素子の平面図である。図10は図9の1つの磁極、例えば磁極51のX-X線で示す断面での断面図である。図9において示すように、セラミック等の非磁性絶縁基板10の上に厚さ約2.0μmの導電体の電極43及び44が所定の間隔をもって設けられている。電極43と44の間には、例えば6つの磁極51、52、53、54、55、56が一定の間隔を保って並行配置されている。磁極51~56はすべて実質的に同一の形状を有し、その中の1つ例えば磁極51の断面図を図10に示す。

【0026】図10において、磁極51は2箇所に導体47A及び48Aを有する。導体47A及び48A及びその近傍の磁性膜50、57A、57B、57C及び58の構造は、図5の導体36及びその近傍の構造と実質的に同じである。各電極51~56の右側の導体47Aは接続導体47で数個互いに直列に接続されている。また各電極51~56の左側の導体48Aは接続導体48で数個互いに直列に接続されている。電極51の導体47Aと電極56の導体48Aは接続導体45により接続されている。接続導体45、47、48により、電極43から電極44に至る電流路が形成される。図9に示した磁極51~56の数は6つに限定されるものではなく6つより少なくてもよく多くてもよい。

【0027】本実施例の動作について以下に説明する。図9において、電極43、44間に高周波電源100からの高周波電圧を印加すると、電極43から各導体47、各導体47A、接続導体45、各導体48、各導体48Aを経て電極44に至る電流路を、電流路のインピーダンスに反比例する電流が流れる。

【0028】本実施例の磁気検出素子110で検出する磁界を図9に白く太い矢印30で代表して示す。磁気検出素子110全体をほぼ均一な外部磁界30の中におくと、磁極51~56を前記第2実施例の図5に示すもの



と同じように磁束が通る。これにより各磁極51～56の導体47A、48Aのインピーダンスが減少する。その結果、電極43と電極44間のインピーダンスが減少して外部磁界を検出することができる。

【0029】本実施例では、各磁極51～56の2箇所導体47A、48Aを設け、かつ各磁極51～56の導体47A及び導体48Aを直列に接続しているので、外部磁界30によるインピーダンスの変化が大幅に増加する。図9の例では、図4のものに比べて12倍(6×2)になる。その結果、磁気検出の感度も12倍になる。

【0030】《第4実施例》本発明の第4実施例の磁気検出素子を図11を参照して説明する。本実施例の磁気検出素子の実質的な構成は前記第2実施例の図4のものと同一である。図11は本実施例の磁気検出素子の磁極60の断面図であり、図5の断面図に相当する。本実施例は、磁極60に直流バイアス磁界を与えるために直流電流を流す方法に関する。図11の(a)に示す方法では、導体36の直下の磁性膜33に直流電流を流す。直流電流を流すために、導体36の直下の磁性膜33の給電点61を直流電源の正極に接続し、同図では見えない磁性膜33の裏側(紙の背面の位置)の給電点を負極に接続する。これにより紙面の手前から奥へ向かって電流を流す。給電点61に接続する導線は、磁性膜33を形成するエッチング工程で、給電点61に続く磁性膜の部分を導体36の図の左右方向の幅と同じ程度の幅で絶縁基板10の上に残すことにより容易かつ簡単に作ることができる。給電点61が磁性膜33に1つのみなので構造が簡単である。しかし、磁極60に与えられる直流バイアス磁界はやや不均一である。

【0031】図11の(b)に示す方法では、磁性膜33の、導体36からやや離れた2つの給電点62、63を直流電源の正極に接続し、図では見えない磁性膜33の裏側の2つの給電点を負極に接続する。これにより給電点62、63に紙面の手前から奥に向かって電流を流す。その結果磁極60に与えられる直流バイアス磁界は、前記図11の(a)の場合より均一になる。図11の(c)に示す方法では、図11の(b)の給電点62、63に加えて、磁性膜35にも2つの給電点64、65を設ける。給電点62、63に、紙面の手前から奥に向かって電流を流し、給電点64、65に紙面の奥から手前に向かって電流を流す。図11の(c)の方法によると、直流バイアス磁界は、図11の(b)の方法よりもはるかに均一になる。本実施例によると、比較的小さい直流電流によって大きな直流バイアス磁界を磁極に与えることができる。

【0032】《第5実施例》本発明の第5実施例の磁気検出素子を図12、図13を参照して説明する。図12は本実施例の磁気検出素子の斜投影図であり、図13は図12のXIII-XIII断面図である。図10及び図11に

おいて、非磁性絶縁基板10の上に所定距離を隔てて電極11及び12が設けられている。電極11及び12の間には、磁極70が設けられている。磁極70は、絶縁基板10の上に形成された厚さ約0.5 $\mu$ mの磁性膜33、及び磁性膜33の上に厚さ約0.1 $\mu$ mの絶縁膜21を介して形成された厚さ約1.0 $\mu$ mの磁性膜34A、34Bを有する。磁性膜34Aと磁性膜34Bとの間に導体36が磁性膜34A、34Bと間に絶縁を保って設けられている。磁性膜34A、34B及び導体36の上に絶縁膜21Aを介して厚さ約0.5 $\mu$ mの磁性膜72が設けられている。導体36は、絶縁基板10の上に形成された接続導体74及び75を経て、それぞれ電極11及び12に電気的に接続されている。本実施例では磁性膜72は導体36の近傍にのみ形成されている。

【0033】一般に、磁気検出素子の磁性膜が外部磁界中に置かれると、磁性膜に反磁界が生じる。反磁界は磁性膜の総厚に比例することが知られている。本実施例では、最上層の磁性膜72を導体36の近傍にのみ設けたことにより、導体36近傍以外の部分では磁性膜33及び磁性膜34A、34Bのみとなり磁性膜の総厚が前記の各実施例のものより薄い。これにより、反磁界の強さも減少し、外部磁界による導体36近傍の磁束が増加する。その結果導体36のインピーダンス変化も大きくなり、磁気検出の感度が向上する。導体36近傍の磁性膜72には大きな凹凸がないので、透磁率も高く保たれ、この点からも検出感度が向上する。

【0034】《第6実施例》本発明の第6実施例の磁気検出素子を図14を参照して説明する。図14は前記第5実施例の図13と同じ断面を示す断面図である。図において、非磁性絶縁基板10の中央領域に厚さ約0.5 $\mu$ mの磁性膜81を形成している。磁性膜81の上に厚さ0.1 $\mu$ mの絶縁膜82を形成した後、中央部に導体36を形成している。絶縁膜82上の、前記導体36の部分を除く部分に磁性膜83A、83Bを形成し、導体36及び磁性膜83A、83Bの上に絶縁膜85を形成している。導体36近傍の絶縁膜85の上に磁性膜86を形成している。

【0035】本実施例によれば、導体36の近傍では、磁性膜81、83A、83B及び86が積層されているので、磁性膜の総厚は約2 $\mu$ mである。しかし、図の左右両端部では磁性膜83A及び83Bのみなので厚さは約1 $\mu$ mである。磁極80の大部分で磁性膜の厚さが1 $\mu$ mと薄いので、反磁界の強さが前記第5実施例のものより更に小さくなる。これにより外部磁界が実効的に大きくなり、磁気検出の感度が向上する。さらに83A及び83Bの膜厚が磁性膜81と86の膜厚の総和よりも大きければ磁束密度は導体36近傍で大きくなるので高感度になる。図15は、本実施例の磁極80に直流バイアス磁界を与えるための、直流電流の給電点を示す断面図である。磁性膜81では、2つの給電点88に、紙面

の手前から奥に向かって電流を流し、磁性膜86では2つの給電点89に紙面の奥から手前に向かって電流を流す。これにより磁極80に均一な直流バイアス磁界を与えることができる。

【0036】

【発明の効果】以上の各実施例で詳細に説明したように、本発明によれば、3つの磁性膜を絶縁膜を介して積層し磁極を形成する。磁極の中央の磁性膜に形成した電流路に高周波電流を流し、磁極を外部磁界中におくと、電流路のインピーダンスが変化する。インピーダンスの変化は外部磁界の強さに対応しているので外部磁界の強さを検出することができる。磁極の表面に大きな凹凸がないので、透磁率高く保たれ、外部磁界による電流路のインピーダンス変化が大きくなる。その結果検出感度の高い磁気検出素子が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の磁気検出素子の斜投影図

【図2】図1のII-II断面図

【図3】前記第1実施例の磁気検出素子の他の例の平面図

【図4】本発明の第2実施例の磁気検出素子の斜投影図

【図5】図4のV-V断面図

【図6】(a)から(d)は第2実施例の磁気検出素子の製造工程を示す断面図

【図7】(a)図5の実施例の変形実施例の断面図

(b)図の実施例の更に他の変形実施例の断面図

【図8】図7の(b)の実施例の断面の詳細構造を示す

拡大断面図

【図9】本発明の第3実施例の磁気検出素子の平面図

【図10】図9のX-X断面図

【図11】(a)、(b)及び(c)は第4実施例の磁気検出素子に直流磁気バイアスを与えるための直流電流の種々の給電方法を示す断面図

【図12】本発明の第5実施例の磁気検出素子の斜投影図

【図13】図12のXIII-XIII断面図

【図14】第6実施例の変形例を示す断面図

【図15】第6実施例の更に他の変形例を示す断面図

【図16】(a)及び(b)は従来技術の磁気センサの部分断面図

【符号の説明】

10 絶縁基板

11、12 電極

13、14、15、33、34、35 磁性膜

16、17 電気接続部

20、20A、20B、20C、20D、40、51、52、53、54、55、56、60、70、80 磁極

21、21A、21E、21F、82、85、121

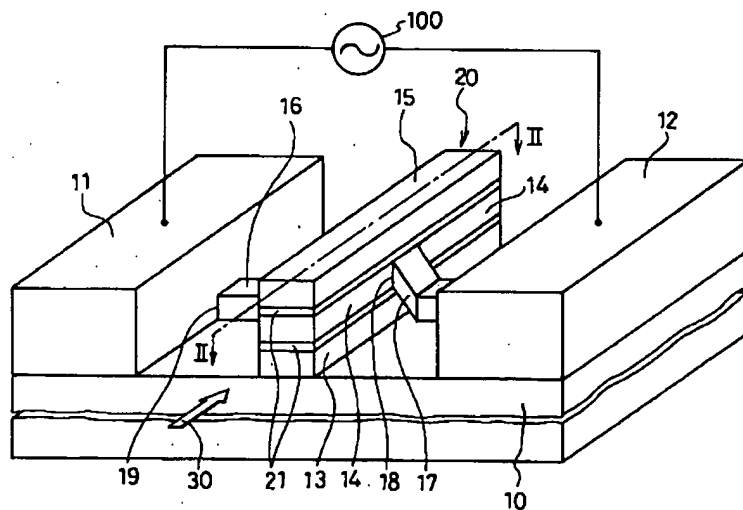
絶縁膜

36 導体

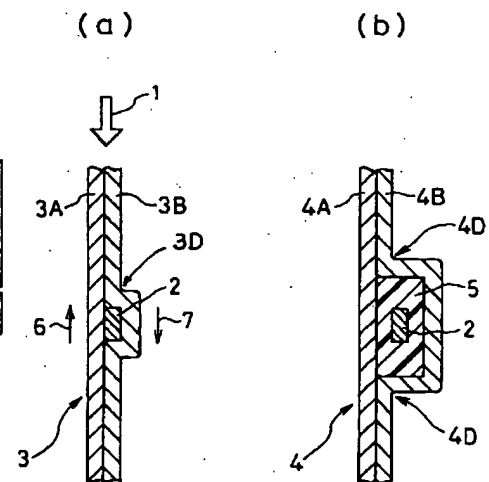
36A、36B 接続部

100 高周波電源

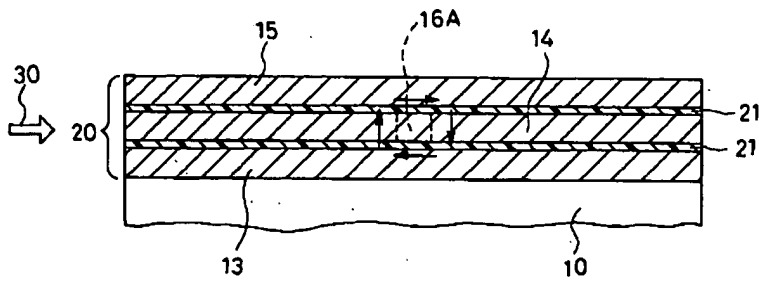
【図1】



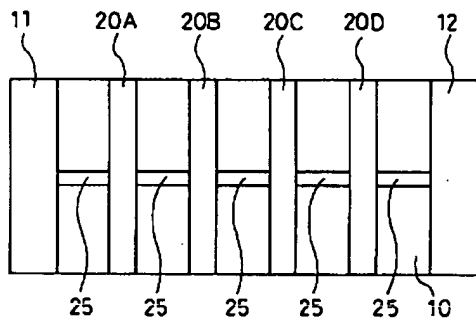
【図16】



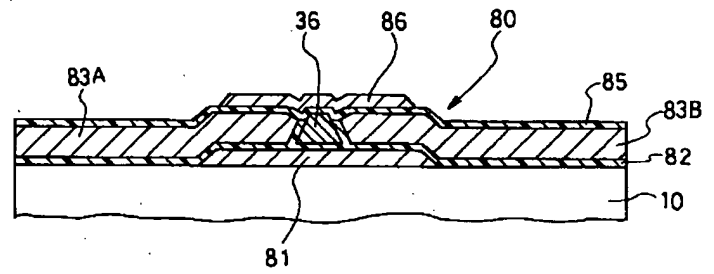
【図2】



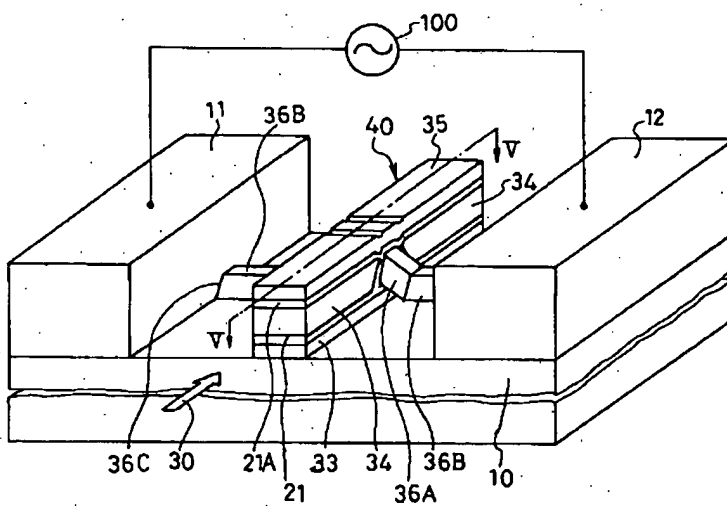
【図3】



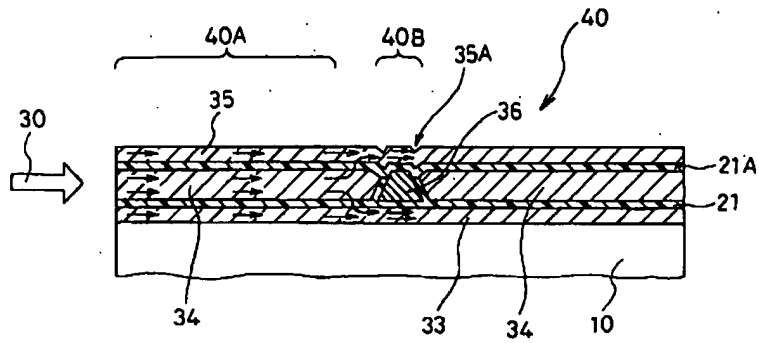
【図14】



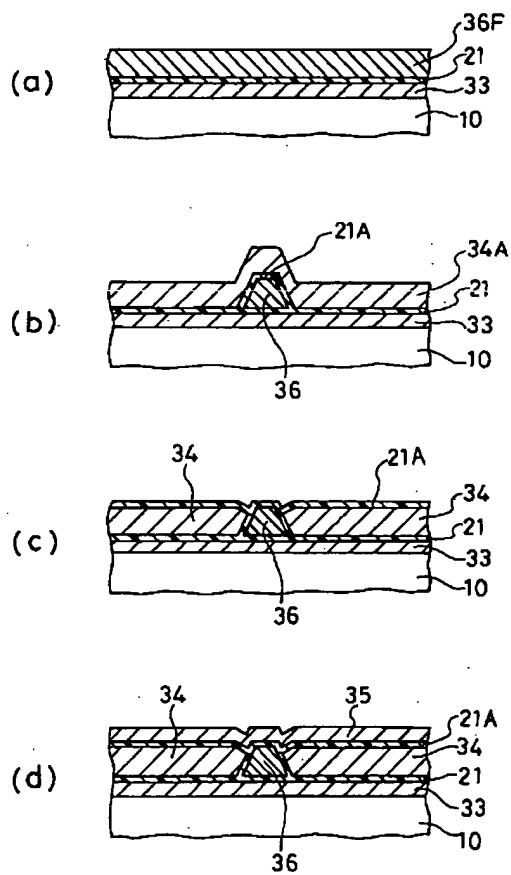
【図4】



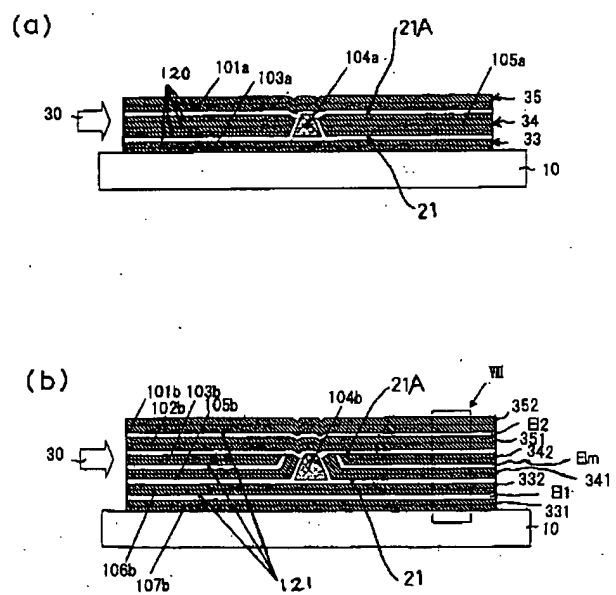
【図5】



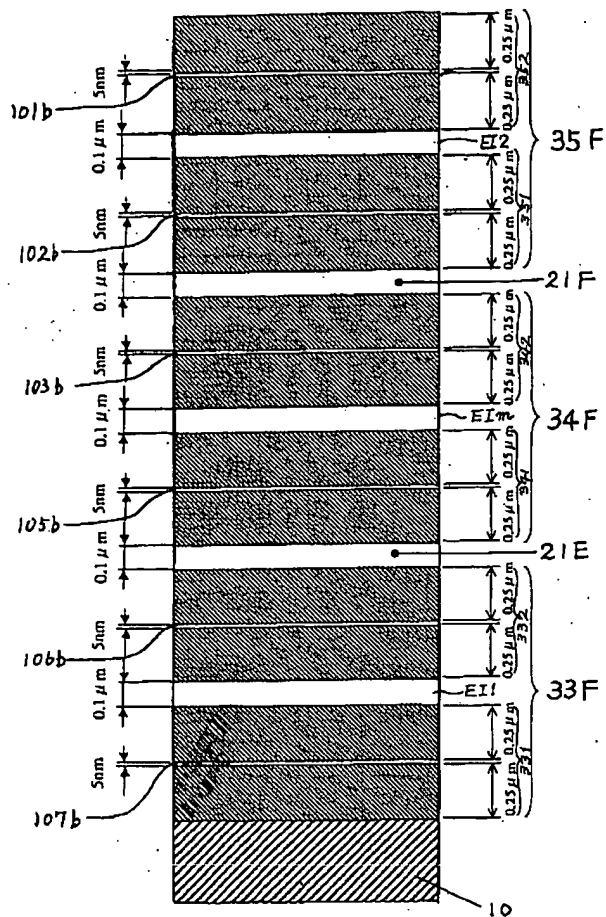
【図6】



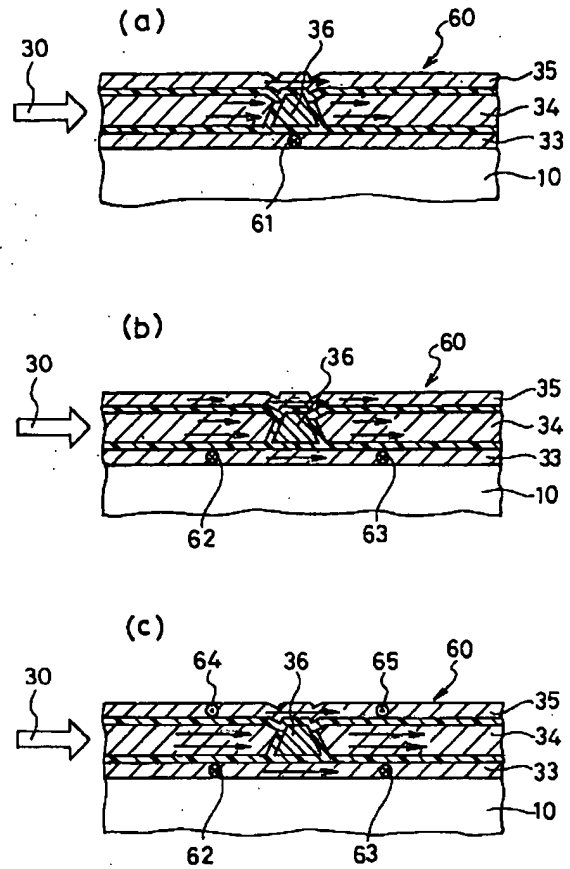
【図7】



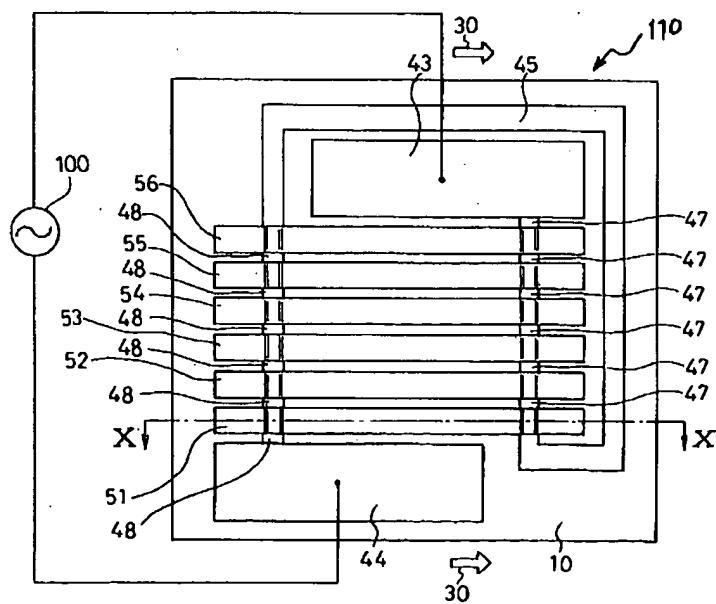
【図8】



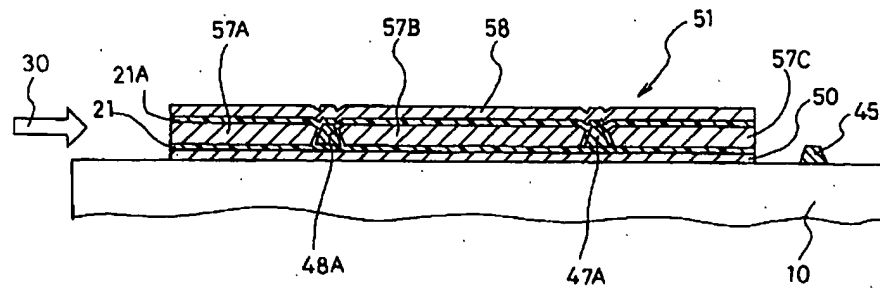
【図 1 1】



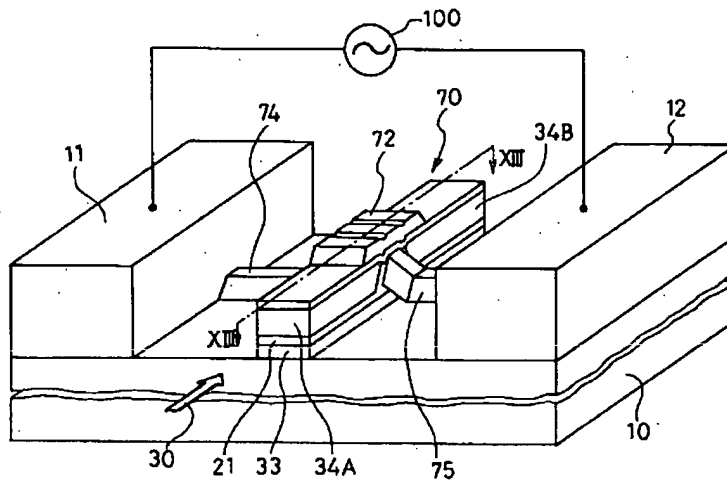
【図9】



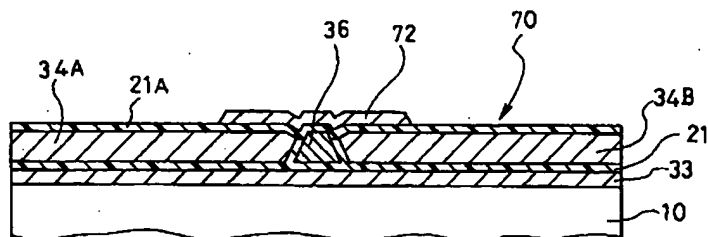
【図10】



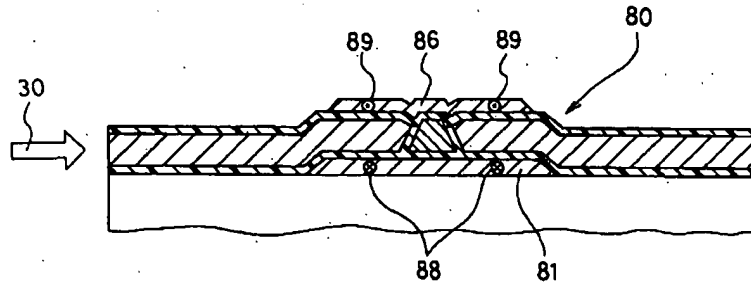
【図12】



【図13】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 黒江 章郎  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 高橋 健  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

Fターム(参考) 2G017 AA01 AB07 AD51 AD65  
5E049 BA16 CB01